

5

Kraftstoffeinspritzvorrichtung

Stand der Technik

10

Die Erfindung geht aus von einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach der Gattung des Patentanspruchs 1.

Ein CR-Injektor (CR = Common Rail) mit Piezoaktor (= Piezosteller) und
15 Übersetzung durch hydraulischen Koppler ist bekannt. Ebenfalls bekannt sind integrierte Koppler mit koaxial ineinander angeordneten Kolben. Die bekannte Vorrichtung verwendet ein A-Ventil als Steuerventil. Dieses ist wegen möglicher Kavitation mit besonderer Formgebung herzustellen und aufwändig und kann nur mit relativ kleinem Durchmesser ausgebildet werden, da sonst die Kräfte am Ventil für
20 eine Betätigung durch einen Piezoaktor zu hoch werden.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen
25 mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat dem gegenüber den Vorteil, dass ein CR-Injektor mit Piezosteller geschaffen wird, bei dem ein großer Querschnitt des Ventils möglich ist und dieses als I-Ventil ausgebildet ist. Dadurch kann das Öffnen und Schließen des Einspritzventils schneller erfolgen. Der integrierte Koppler ermöglicht eine kurze Baulänge der Vorrichtung. Der Koppler ist
30 durch CR-Druck unterstützt.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzvorrichtung

ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt

5 die einzige Figur die wesentlichen Komponenten einer erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit einem Einspritzventil und einem Steuerventil sowie einem hydraulischen Koppler.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

10 Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzvorrichtung 1 wird von einem Druckspeicher (Common Rail) 3 mit Kraftstoff unter hohem Druck über eine Hochdruckleitung 5 versorgt, von der aus Kraftstoff über eine Einspritzleitung 6 zu einem Einspritzventil 9 gelangt. Eine Brennkraftmaschine hat normalerweise mehrere derartige Einspritzventile, und der Einfachheit halber ist lediglich eines dargestellt.

15 Das Einspritzventil 9 weist eine Ventilnadel (Ventilkolben, Düsenadel) 11 auf, die mit einer konischen Ventildichtfläche 12 in ihrer Schließstellung Einspritzöffnungen 13, durch die Kraftstoff ins Innere eines Verbrennungsraums des Verbrennungsmotors eingespritzt werden soll, verschließt. Der Kraftstoff gelangt in den Bereich der Düsenadel über einen ringförmigen Düsenraum 14, von dem aus 20 er über eine als Druckschulter ausgebildete Steuerfläche 15 einen Druck in Öffnungsrichtung der Düsenadel auszuüben gestattet. Wenn der genannte Druck eine Kraft in Öffnungsrichtung auf die Ventilnadel ausübt, die diesem Öffnen entgegen wirkende Kräfte überwindet, so öffnet sich das Ventil.

25 Zum Steuern des Öffnens und Schließens der Einspritzöffnungen dient ein Aktor 31. Dieser erzeugt in Abhängigkeit von einer Ansteuerung an einem mechanischen Ausgang eine Auslenkung und eine Kraft zum Betätigen weiterer Elemente. Im Beispiel handelt es sich um einen elektrisch betätigten Aktor. Im Beispiel ist es ein Aktor, der ein piezoelektrisches Element aufweist, nämlich ein 30 Piezoaktor. Der Aktor nimmt in Abhängigkeit von einer elektrischen Ansteuerung in Vertikalrichtung der Zeichnung und somit in seiner Längsrichtung eine gelängte Konfiguration oder eine verkürzte Konfiguration ein. Im Beispiel ist ein Aktor mit einer derartigen Konstruktion vorgesehen, der bei Bestromung (Anschluss an eine Gleichstromversorgung) eine gelängte Konfiguration einnimmt, ohne Bestromung

eine verkürzte Konfiguration einnimmt. Der Aktor bildet eine kapazitive Last und nimmt bei Dauerbestromung keine Verlustleistung auf. Es kann vorteilhaft oder erforderlich sein, den Piezoaktor durch eine Spannvorrichtung, z. B. Feder, so vorzuspannen, dass im Aktor enthaltene piezoelektrische Elemente stets auf Druck beansprucht sind. Dies ist den Fachleuten bekannt. und deshalb wird hierauf im Folgenden nicht hingewiesen. Während das obere Ende des Piezoaktors in einer in der Zeichnung nicht sichtbaren Weise in der Einspritzvorrichtung verankert ist, dient das untere Ende des Piezoaktors dazu, dessen Kraft und Bewegung letztendlich zum Öffnen und Schließen der Einspritzöffnungen zu verwenden. Hierzu ist für seine 5 Ankopplung ein hydraulischer Koppler 38 vorgesehen, der einen mit dem Piezoaktor gekoppelten Kolben 39 und einen weiteren Kolben 40 aufweist. Im vorliegenden Anwendungsfall ist im allgemeinen durch den Koppler eine Vergrößerung des Wegs 10 des weiteren Kolbens 40 im Vergleich zum Weg des Kolbens 39 (durch passende Wahl der hydraulisch wirksamen Kolbenflächen) nötig. Die Konstruktion und 15 Wirkungsweise des hydraulischen Koplplers wird weiter unten beschrieben. Der Piezoaktor ist eine kapazitive Last und nimmt daher keinen Dauerstrom auf.

Wenn der mit dem Piezoaktor nicht unmittelbar verbundene Kolben 40 des hydraulischen Koplplers ein Steuerventil 41 (oder Auslassventil) öffnet, sinkt der 20 Druck in einer mit Kraftstoff gefüllten Steuerkammer 43, in die der obere Endabschnitt der Düsenadel eingreift. Die Steuerkammer 43 wird mit Kraftstoff unter Druck über eine Zulaufdrossel 47 gefüllt, und bei geöffnetem Steuerventil 41 fließt Kraftstoff über eine Ablaufdrossel 49 aus der Steuerkammer 43 aus. Das 25 Ausfließen von Kraftstoff wird durch Kräfte unterstützt, die die Düsenadel 11 in ihre offene Stellung zu bewegen bestrebt sind. Ein bewegliches Ventilstück 51 liegt bei geschlossenem Steuerventil 41 an einem Ventilsitz 53 dichtend an und ist mit dem Kolben 40 mechanisch gekoppelt. Die bei geöffnetem Ventilstück 51 aus der Steuerkammer ausströmende Steuermenge wird durch einen Leckagekanal 55 abgeführt. Bei geschlossenem Ventilstück 51 wird dieses von der Steuerkammer her 30 mit Raildruck (= Druck in der Leitung 5) beaufschlagt, wobei der Druck auf die Fläche mit dem Durchmesser d3 wirkt.

Die Kolben 39 und 40 sind im Beispiel parallel zueinander und ineinander, fertigungstechnisch vorteilhaft koaxial ineinander angeordnet (integrierter Koppler).

Die Art, in der sie miteinander gekoppelt sind, wird unten erläutert. Im Kolben 39 ist ein Pfeil eingezeichnet, der die Bewegung dieses Kolbens anzeigt, wenn der Aktor eine Bewegung in der Zeichnung nach unten ausführt. Im Kolben 40 ist ein Pfeil eingezeichnet, der die Bewegung dieses Kolbens anzeigt, wenn der Kolben 39 die

5 durch seinen Pfeil bezeichnete Bewegung ausführt. Durch Vergleich des Pfeil des Kolbens 40 mit der Richtung, in der das bewegliche Ventilelement des vom hydraulischen Wandler 38 zu betätigenden Ventils zum Öffnen bzw. zum Schließen bewegt werden muss, ist aus der Zeichnung unmittelbar ersichtlich, ob die in der Zeichnung eingezeichnete Richtung der genannten Pfeile einem Öffnungsvorgang

10 oder einem Schließvorgang des genannten Ventils entspricht.

Das bewegliche Ventilstück 51 ist im wesentlichen kugelförmig ausgebildet. Insbesondere liegt es mit einem im wesentlichen die Form einer Kugelkalotte aufweisenden Flächenbereich im geschlossenen Zustand an dem Ventilsitz 53 an.

15 Im Beispiel muss das bewegliche Ventilteil 51 zum Schließen unter Aufwendungen einer Kraft gegen seinen Ventilsitz gedrückt werden, damit es das Ausströmen des unter Druck stehenden Kraftstoffs aus der Steuerkammer 43 verhindert. Es befindet sich somit dann im Sperrzustand, wenn das bewegliche Ventilteil nach "innen", nämlich in Richtung von einem Bereich niedrigeren Drucks zu einem Bereich

20 höheren Drucks in seine Sperrstellung bewegt worden ist, und daher wird das Steuerventil im vorliegenden Fall als I-Ventil bezeichnet. Mit anderen Worten, stimmt die Richtung der Öffnungsbewegung des beweglichen Ventilteils mit der Richtung von aus der Steuerkammer ausströmendem Kraftstoff überein. Demgegenüber wird ein Ventil, dessen bewegliches Ventilteil in seiner Sperrstellung nach "außen"

25 bewegt worden ist, nämlich in Richtung vom hohen Druck in der Steuerkammer zu einem Bereich niedrigeren Drucks Leckagedruck, als A-Ventil bezeichnet.

Das genannte Kugelventil kann eine freie Kugel ohne starre Verbindung mit einem anderen Teil aufweisen. Eine Kugel ist wegen der strömungsgünstigen Form

30 für Kavitation wenig anfällig. Es mag stattdessen eine geeignete andere Konstruktion für das I-Ventil verwendet sein, z. B. ein Kegelventil mit einem kegelförmigen Flächenbereich, der mit dem Ventilsitz zusammen wirkt. Dabei kann das Ventilteil mit dem zugeordneten Kolben starr gekoppelt sein, so dass ein besonders schnelles Öffnen des Steuerventils möglich ist.

Der Aktor 31 ist mit dem Kolben 39 durch eine Stange 61 mit einem Durchmesser d5 verbunden. Der Kolben 40 ist mit dem von ihm zu betätigenden beweglichen Ventilteil 51 durch eine Stange 63 mit einem Durchmesser d1 verbunden. Der innere Kolben 39 hat einen Durchmesser d4, der äußere Kolben 40 hat eine kreisringförmige Kolbenfläche der Größe f2. Der lichte Durchmesser des Ventilsitzes 53 dort, wo das bewegliche Ventilteil an ihm anliegt, ist d3.

Führungsspalte 65 und 67, die der Gleitführung der Kolben dienen und durch die hindurch ein Kopplervolumen mit Treibstoff gefüllt wird, sind im Bereich der zylindrischen Außenfläche des äußeren Kolbens (gegenüber einem nicht gezeigten Gehäuse) und im Bereich der gegenseitigen Gleitführung der beiden Kolben gebildet.

Maßgeblich für die Funktion sind die den oben genannten Durchmessern (für kreisförmige Querschnitte) entsprechenden Flächen f1 und f3 bis f5 und die genannte Fläche f2. Kreisförmige Querschnitte sind zwar für die Herstellung zweckmäßig, die Erfindung ist jedoch hierauf nicht beschränkt.

Die dem Aktor 31 zu gewandten Endbereiche der Kolben 39 und 40 greifen in einen gemeinsamen Übersetzerraum 72 ein. Der andere Endbereich des Kolbens 39 greift in einen Füllraum 71-2 ein; dieser ist über Bohrungen in der unteren Endwand des Kolbens 40 verbunden, der mit der Leitung 5 verbunden ist. Der andere Endbereich des inneren Kolbens 40 ragt in den Füllraum 71-2. Über die Führungsspalte 65 und 67 wird der Übersetzerraum 72 gefüllt. Der Übersetzerraum 72 wird von der Stange 61 durchdrungen. Der Füllraum 71-1 wird von der Stange 63 durchdrungen. Die Kolben 39 und 40 bewegen sich gegensinnig und wegen der gewünschten Weg-Übersetzung vom Aktor zum Steuerventil mit unterschiedlicher Geschwindigkeit.

Der Aktor 31 (Piezosteller) ist im geschlossenen Zustand des Einspritzventils 9 stromlos und verkürzt. Zum Öffnen des Steuerventils 41 wird der elektrische Strom zum Aktor 31 eingeschaltet und der Aktor wird länger. Dadurch wird der Kolben 39 (erster Übersetzerkolben) in der Figur nach unten bewegt. Im Übersetzerraum 72 und im Füllraum 71-2 ist im Ruhezustand CR-Druck (= Druck des Druckspeichers

bzw. Common Rail) als Systemdruck. Im Übersetzerraum 72 sinkt durch das Bewegen des Kolbens 39 nach unten der Druck. Diese Druckabnahme bewegt den Kolben 40 (zweiter Übersetzerkolben) nach oben und öffnet durch gleich gerichtete Bewegung des Ventilteils 51 das Steuerventil 41, das ein I-Ventil ist. Zum besonders schnellen Öffnen des Ventilteils 51 mag dieses bei Ausführungsformen der Erfindung fest mit der Stange 63 und somit mit dem Kolben 40 verbunden sein. Wegen des CR-Drucks im Übersetzerraum 72 ist der Sitzdurchmesser d3 des Ventilteils 51 sehr groß wählbar, da der Kolben 40 diese Fläche mit seiner im Übersetzerraum 72 befindlichen Seite weitgehend ausgleicht. Beim Schließen des Ventils 41 wird die Bewegung des Kolbens 39 nach oben von der Feder 75 und vom Druck im Füllraum 71-2 unterstützt. Somit schafft die Erfindung einen vorteilhaften I-Ventil-Servo-Injektor mit CR-Druckunterstützung für sehr schnelles Öffnen und Schließen des Einspritzventils. Der koaxiale Koppler sorgt für eine kurze Baulänge.

Ein wichtiges Merkmal der Erfindung besteht darin, dass an der Seite des Kolbens 39 (im Übersetzerraum), die dem Steuerventil abgewandt ist, Raildruck anliegt, der die Betätigung des Steuerventils unterstützt und dem auf das Ventilteil 51 im Sperrzustand von der Steuerkammer 43 her wirkenden Druck entgegen wirkt.

Wegen des Raildrucks im Übersetzerraum 72 ist d3 weitgehend kraftausgeglichen. Es steht daher im Vergleich zum Stand der Technik ein größerer Überschuss an Kraft, die vom Aktor geliefert wird, zur Beschleunigung der Masse des beweglichen Ventilteils zur Verfügung. Die Erfindung schafft somit eine Variante mit teilausgeglichenem (= bezüglich der Kraft teilweise ausgeglichenem) Steuerventil, wobei das Ventil ein I-Ventil ist. Die vom Aktor zum Schließen des Ventils zu liefernde Kraft ist daher gegenüber dem Bekannten kleiner. Stattdessen ist bei einer Ausführungsform ein Ventil 51 mit einem gegenüber dem Bekannten größeren Durchmesser d3 vorgesehen, der ein schnelleres Öffnen und Schließen des Einspritzventils ermöglicht, weil die Strömungszunahme und - Abnahme in diesem größer ist als bei dem bekannten kleineren A-Ventil. Eine Druckfeder 75 im Füllraum 71-2 drückt die Kolben auseinander und sorgt für gute Anlage des Kopplers am Aktor 31 und bei geschlossenem Ventil des Ventilteils 51 am Ventilsitz 53.

• 7 •
Die bis hier beschriebene Vorrichtung weist noch weitere Merkmale auf.

Zumindest in einem Bereich der den Aktor 31 mit dem hydraulischen Koppler verbindenden Stange 61 ist in einem Abstand von dem dem Aktor 31 am nächsten liegenden Raum des Kopplers ein weiterer Füllraum 90 vorhanden, der mit der

5 Leitung 5 verbunden ist. Im Beispiel umgibt der weitere Füllraum 90 den Aktor 31 in dessen unterem Endbereich. Vorzugsweise umgibt er den ganzen Aktor 31. Ein Führungsspalt 94 der Stange 61 ist für eine zusätzliche Füllung des benachbarten Raums des Kopplers mit unter Druck stehendem Kraftstoff dimensioniert. Ein Vorteil besteht in der zusätzlichen Befüllung des Kopplers mit unter hohem Druck stehenden 10 Kraftstoff.

Bei Ausführungsformen der Erfindung ist der weitere Füllraum 90 nicht vorhanden oder ist nicht mit der Leitung 5 verbunden und hat nicht die Funktion eines Füllraums. In diesem Fall mag es zweckmäßig sein, eine Bohrung, in der die 15 Stange 61 in einem nicht gezeigten Gehäuse der ganzen Vorrichtung geführt ist, für einen möglichst kleinen Abfluss von Kraftstoff aus dem Koppler zu dimensionieren.

Die Erfindung erfasst auch Ausführungsformen, bei denen der unter hohem Druck stehende Kraftstoff nicht von einem Hochdruckspeicher zugeführt wird, 20 sondern von einer dem Einspritzventil zugeordneten Pumpe (z.B. Pumpe-Düse- Einheit, Unit Injector), die auch den Füllraum speist.

Patentansprüche

10 1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung (1) mit einem Einspritzventil (9), einer dem Einspritzventil (9) bei Betrieb Kraftstoff unter hohem Druck zuführenden Leitung (5), einem den Druck in einer mit der genannten Leitung (5) verbundenen Steuerkammer (43) des Einspritzventils steuernden Steuerventil (41), dessen bewegliches Ventilteil (51) von einem Aktor (31) über einen hydraulischen Koppler (38) betätigbar ist, der

15 zwei mit einem Kopplervolumen des Koplplers zusammenwirkende Kolben (39, 40) aufweist, wobei der Sitz (53) des beweglichen Ventilteils (51) eine lichte Querschnittsfläche f_3 aufweist, mit Mitteln zum Füllen des Kopplervolumens über Führungsspalte (65, 67) der Kolben (39, 40) mit unter Druck stehendem Kraftstoff,

20 dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben (39, 40) parallel zueinander ineinander angeordnet sind, dass an den dem Aktor (31) zugewandten Enden der Kolben (39, 40) ein Übersetzerraumraum (72) angeordnet ist, dass im Inneren des äußeren Kolbens (39) ein Füllraum (71-2) vorgesehen ist, der mit der genannten Leitung (5) verbunden ist, dass einer (39) der Kolben mit einer Querschnittsfläche f_4 mit dem

25 Aktor (31) über eine Stange (61) mit einer Querschnittsfläche f_5 mechanisch gekoppelt ist, dass der andere Kolben (40), der eine Kolbenfläche f_2 aufweist, über eine Stange (63) mit einer gegenüber f_2 kleineren Querschnittsfläche f_1 das Steuerventil (41) betätigt, dass die Richtung der Öffnungsbewegung des beweglichen Ventilteils (51) mit der Richtung von aus der Steuerkammer (43)

30 ausströmendem Kraftstoff übereinstimmt, so dass das Steuerventil wegen des auf den weiteren Kolben (40) im Übersetzerraum (72) wirkenden Drucks mindestens teilweise kraftausgeglichen ist.

2. Kraftstoffeinspritzvorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest in einem Bereich der den Aktor (31) mit dem hydraulischen Koppler verbindenden Stange (61) in einem Abstand von dem dem Aktor (31) am nächsten liegenden Raum des Kopplers ein weiterer Füllraum (90) vorhanden ist, der mit der 5 genannten Leitung (5) verbunden ist und über einen Führungsspalt (94) der Stange (61) mit dem Koppler in Verbindung ist.

Zusammenfassung

10 Eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (1) mit einem Einspritzventil (9), einer dem Einspritzventil (9) bei Betrieb Kraftstoff unter hohem Druck zuführenden Leitung (5), einem den Druck in einer mit der genannten Leitung (5) verbundenen Steuerkammer (43) des Einspritzventils steuernden Steuerventil (41), dessen bewegliches Ventilteil (51) von einem Aktor (31) über einen hydraulischen Koppler (38) betätigbar ist, der

15 zwei mit einem Kopplervolumen des Koplplers zusammenwirkende Kolben (39, 40) aufweist, wobei der Sitz (53) des beweglichen Ventilteils (51) eine lichte Querschnittsfläche f_3 aufweist, mit Mitteln zum Füllen des Kopplervolumens über Führungsspalte (65, 67) der Kolben (39, 40) mit unter Druck stehendem Kraftstoff, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben (39, 40) parallel zueinander ineinander

20 angeordnet sind, dass an den dem Aktor (31) zugewandten Enden der Kolben (39, 40) ein Übersetzerraumraum (72) angeordnet ist, dass im Inneren des äußeren Kolbens (39) ein Füllraum (71-2) vorgesehen ist, der mit der genannten Leitung (5) verbunden ist, dass einer (39) der Kolben mit einer Querschnittsfläche f_4 mit dem Aktor (31) über eine Stange (61) mit einer Querschnittsfläche f_5 mechanisch

25 gekoppelt ist, dass der andere Kolben (40), der eine Kolbenfläche f_2 aufweist, über eine Stange (63) mit einer gegenüber f_2 kleineren Querschnittsfläche f_1 das Steuerventil (41) betätigt, dass die Richtung der Öffnungsbewegung des beweglichen Ventilteils (51) mit der Richtung von aus der Steuerkammer (43) ausströmendem Kraftstoff übereinstimmt, so dass das Steuerventil wegen des auf

30 den weiteren Kolben (40) im Übersetzerraum (72) wirkenden Drucks mindestens teilweise kraftausgeglichen ist.

(Fig.)

1 / 1

